



universitätsverlag
ilmenau

Strohmeier, Dominik; Weigel, Christian:

**Individualisierung durch Interaktion : die Zukunft des
3DTV**

URN: urn:nbn:de:gbv:ilm1-2009100077-p019-3

URL: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:gbv:ilm1-2009100077-p019-3>

Erschienen in:

Individualisierte Nutzung der Medien : Tagungsband Medienforum Ilmenau 2008 ; Technische Universität Ilmenau, 20. - 21. Juni 2008. - Ilmenau : Univ.-Verl. Ilmenau, 2009. - S. 19-37.

ISBN: 978-3-939473-55-8 [Druckausgabe]

URN: urn:nbn:de:gbv:ilm1-2009100077

URL: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:gbv:ilm1-2009100077>

Dominik Strohmeier & Christian Weigel

Individualisierung durch Interaktion

Die Zukunft des 3DTV

1. Einleitung

Digitalisierung und HDTV – das sind die Stichworte, die zu nennen sind, wenn es um die aktuellen Entwicklungstrends im Bereich des Fernsehens in Deutschland geht. Bewegte Bilder in drei Dimensionen sind – wenn überhaupt – eine Randerscheinung in Form einer Zweifarbenbrille in der Programmzeitschrift. Blickt man über den Tellerrand des Fernsehens hinaus, so finden Berührungen mit dreidimensionalen (oder korrekter: stereoskopischen) Darstellungen zumeist in Vergnügungsparks oder speziellen Kinos, wie dem IMAX®, statt. Andere Nationen, so etwa die USA, sind mit der stereoskopischen Darstellung von Bewegbildern zumindest im Bereich des Massenkinos schon sehr viel weiter (RealD 2008). Die deutschen Vorstellungen von dreidimensionalem Fernsehen reichen von „mit einer 3D-Brille vor dem heimischen Gerät sitzen“ bis zu Science-Fiction-artigen Ideen, wie „Hologrammen auf dem Tisch“. Dennoch zeichnet sich auch in Deutschland und Europa ein Trend in Richtung 3D ab. Firmen wie Tridality® oder visumotion® bieten autostereoskopische Fernseher und entsprechende Aufnahmetechnologien an. Im Bereich der Forschung sind mit europäischen Projekten, wie ATTEST (ATTEST 2002) oder 3DTV (3DTV 2008), schon seit längerer Zeit Bestrebungen im Gange, das Fernsehen von morgen mit zu entwickeln. Dieser Auf-

satz soll einen Einblick geben in die Möglichkeiten des 3DTV hinsichtlich der damit einhergehenden Individualisierung sowohl aus kognitiver als auch aus technologischer Sicht.

2. Aktuelle Technologien dreidimensionaler Videopräsentation

Zu Beginn werden kurz die grundsätzlichen Technologien aufgeführt, die bereits jetzt für stereoskopische Bildwiedergabe und 3DTV zur Verfügung stehen. Um eine stereoskopische Wahrnehmung des Bildes zu erzielen, müssen alle Verfahren die Möglichkeit bieten, für das linke und rechte Auge getrennte Bilder bereitzustellen. Diese werden dann vom Menschen zu einem 3D-Bild verarbeitet. In Abschnitt 3.1 wird dies genauer beschrieben. Prinzipiell unterscheidet man bei den Technologien nach hilfsmittelbasierten und autostereoskopischen Displays, bei denen auf spezielle Brillen o. ä. verzichtet werden kann.

Brillenbasierte Technologien sind die klassische Methode zur Erzeugung stereoskopischer Wahrnehmung. Dabei werden die beiden Bilder über gesonderte Displays (Head-Mounted Display) oder unterschiedliche Polarisierung der Brillengläser getrennt. Die Verwendung brillenbasierter Ansätze ist zum Beispiel aus 3D-Kinos bekannt. Im Gegensatz zu Head-Mounted Displays, die eine Ein-Nutzer-Lösung darstellen, können bei der Nutzung von Polarisierung viele Personen gleichzeitig den Inhalt stereoskopisch erleben.

Im Zuge der Entwicklung von 3DTV-geeigneten Displays zur Verwendung ohne Brillen entstanden so genannte autostereoskopische Displays. Die Trennung von linkem und rechtem Bild erfolgt hier schon auf Displayseite. Durch Linsenschichten (LentikularDisplays) oder eine gitterartige Struktur (Parallaxen-

barriere) werden die Bilder für den Betrachter auf das linke und das rechte Auge verteilt, wodurch die stereoskopische Wahrnehmung ohne Brille möglich wird. Aufgrund ihrer Bauweise waren autostereoskopische Displays bislang meist auf einen Nutzer beschränkt, da die Betrachtungsposition mit den baulichen Eigenschaften des Displays übereinstimmen musste. Aktuelle Entwicklungen gehen jedoch dahin, so genannte Multi-View Displays zu bauen, bei denen wiederum mehrere Nutzer zeitgleich den Content autostereoskopisch betrachten und erleben können.

3. Individuelle Aspekte stereoskopischer Darstellung

3.1 Kognitive Aspekte dreidimensionaler Wahrnehmung

Aus physiologischer Sicht basiert die Fähigkeit, unsere Umwelt dreidimensional wahrzunehmen, auf der Verarbeitung und Interpretation des retinalen Bildes in den High-Level-Prozessen der visuellen Wahrnehmung. Zur Veranschaulichung dieser Vorgänge veröffentlichte Marr (1982) ein Modell, das die Transformation des einfachen retinalen Abbildes hin zu einer dreidimensionalen Darstellung unserer Umwelt beschreibt. Aus der primären Rohskizze („raw primal sketch“), die nur Helligkeitsunterschiede und Informationen über deren Änderung enthält, wird durch Erkennen von Kanten und Flächen nach den Prinzipien der Gestalttheorie (beschrieben in Andersons „Kognitive Psychologie“ (Anderson 1982)) die vollständige Rohskizze („full primal sketch“). Die Information über zusammengehörige Flächen beinhaltet jedoch noch keine Hinweise auf die relative Anordnung oder die Verteilung der Objekte im Raum und liefert somit keine Tiefeninformation, die für eine dreidimensionale Wahrnehmung unerlässlich ist.

In Marrs Modell wird dann in einem zweiten der 2- $\frac{1}{2}$ -D Entwurf ergänzt: Der flachen Rohskizze wird die Tiefeninformation hinzugefügt, wodurch der Mensch in der Lage ist, den *relativen Abstand* von Objekten zueinander und den *absoluten Abstand* der Objekte zum Betrachter zu erkennen. Dabei tragen sowohl monokulare als auch binokulare Schlüsselinformationen zur Gewinnung der Tiefeninformation bei. Unter monokularen Schlüsselinformationen versteht man jene Tiefeninformation, die aus der bloßen Interpretation eines einzelnen Bildes (also nur des rechten oder nur des linken Auges) gewonnen werden kann. Wichtige Vertreter dieser Gruppe sind die lineare Perspektive, der Texturgradient oder die Interposition, wobei letztere beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt sind.



Abbildung 1: Monokulare Schlüsselinformation der Tiefengewinnung. Links der Texturgradient, bei dem die Textur von Flächen über die Distanz immer dichter wird. Rechts ein Beispiel für die Interposition, die die teilweise Verdeckung entfernter Objekte berücksichtigt.
(Quelle: <http://www.sxc.hu>).

Die Gruppe der binokularen Schlüsselinformation umfasst Konvergenz, Akkommodation und Stereopsis. Unter Konvergenz versteht man die Eigenschaft, dass sich die Augen einwärts drehen, wenn nahe Gegenstände fokussiert werden und sich wieder nach außen bewegen, wenn der Fokus in der Ferne liegt. Gleichzeitig mit der Konvergenz kontrahiert die Linsen-

muskulatur beim Fokussieren in der Nähe stärker, um die Brechkraft der Linse zu regulieren, was als Akkommodation bezeichnet wird. Unter Stereopsis versteht man schließlich die Verschiebung des Blickwinkels zwischen rechtem und linkem Bild, der aus dem natürlichen Augenabstand resultiert. Den Unterschied der beiden Bilder bezeichnet man als Disparität. Stereopsis bezeichnet also die grundlegende Fähigkeit dreidimensionalen Sehens. Werden rechtem und linkem Auge zwei in ihrer Disparität stimmige Bilder präsentiert, so führt die Interpretation dieser beiden Stimuli zur Ausbildung einer dreidimensionalen Wahrnehmung des Bildes. In Bezug auf die genauen Vorgänge der Kombination beider Einzelbilder zu einer dreidimensionalen Wahrnehmung gibt es in der aktuellen Forschung keine einheitliche Theorie. Jedoch konnte die einfache Annahme, dass beide Bilder unabhängig voneinander in ihrer Struktur untersucht und daraufhin verschmolzen werden, durch das Random-Dot-Stereogramme¹ von Julesz (1971) widerlegt werden.

Genau wie bei der Wahrnehmung realer Objekte kann auch bei stereoskopischer Wahrnehmung die Erzeugung und Präsentation zweier Stimuli mit stimmiger Disparität einen dreidimensionalen Eindruck hervorrufen. Die Bedeutung der individuellen physiologischen Fähigkeiten und die daraus entstehende Individualisierung der Mediennutzung soll im nun folgenden Abschnitt diskutiert werden.

¹ Juleszs' Stereogramme scheinen aus zwei zufällig erzeugten Punktmengen zu bestehen. Diese Muster bieten keinerlei Strukturmerkmale. Dennoch führt die Betrachtung der beiden Bilder in einem Stereoskop zur Wahrnehmung eines räumlichen Objekts.

3.2 Visual Comfort bei stereoskopischer Darstellung

Ein wichtiges Ziel der stereoskopischen (Bewegt-)Bildwiedergabe ist es, einen hohen Betrachtungskomfort zu erzielen. Der Betrachtungskomfort (Visual Comfort) oder, wie in der Fachliteratur eher üblich, dessen Gegenteil – Visual Discomfort – wird dabei als mehrdimensionales Konstrukt angesehen, das sehr individuelle Ausprägungen annehmen kann, wie Lambooi et al. (2007) in ihren Betrachtungen erläutern.

Bei der stereoskopischen Wiedergabe wird durch Verwendung unterschiedlicher Technologien eine Separierung des Bildes des linken und rechten Auges erreicht (vgl. Abschnitt 2). Zwar ist es dadurch möglich, bei stimmiger Disparität eine dreidimensionale Wahrnehmung des Bildes zu formen, doch im Vergleich zur natürlichen, dreidimensionalen Wahrnehmung entstehen dabei Probleme. In Abschnitt 3.1 wurde bereits auf die Begriffe Akkommodation und Konvergenz eingegangen. Bei realer Betrachtung unserer Umwelt arbeiten beide Mechanismen stimmig zusammen. Bei stereoskopischer Wiedergabe von Inhalten tritt allerdings der so genannte Akkommodation-Konvergenz-Konflikt auf: So muss der Nutzer stets seine Akkommodation an das Display anpassen, um die Bilder scharf wahrnehmen zu können. Bei Augenbewegungen durch den virtuell entstehenden Raum darf jedoch nicht akkommodiert werden, was der natürlichen Zusammenarbeit der beiden Mechanismen widerspricht und zu einem Unwohlsein des Nutzers führen kann (Wann et al. 1995).

Häkkinen et al. (2006) können in einer Studie nachweisen, dass Visual Comfort durch Akzeptanz und Erfahrung im Umgang mit der Technik von Seiten des Nutzers positiv beeinflusst werden kann. 3DTV verlangt also eine aktive Aus-

einandersetzung des Nutzers mit der Technik, um qualitativ bestmögliche Ergebnisse erzielen zu können.

3.3 Individuelle Qualitätsparameter

3.3.a Qualitätsparameter stereoskopischer Darstellung

Die Ausführungen im vorherigen Abschnitt geben bereits erste Hinweise, dass die Qualität stereoskopischer Wahrnehmung von vielen Faktoren abhängig ist. Im nun folgenden Abschnitt wird der Begriff der Interaktion genutzt um einige dieser Faktoren näher zu bestimmen. Interaktion des Nutzers ist auch bei der Entwicklung neuer Qualitätsparameter gefordert, wobei sich Interaktion hier auf eine Auseinandersetzung des Nutzers mit dem Content und dem Forscher bezieht. Aus Sicht der Qualitätsforschung ist die Einbeziehung eines nutzerzentrierten Ansatzes von großer Bedeutung. Qualität wird beim Erleben von stereoskopischen Inhalten nicht allein durch die Bildqualität festgelegt. Häkkinen führt in seiner Veröffentlichung zur Messung stereoskopischer Bildqualität aus, dass sowohl auftretendes Unwohlsein im Zuge der stereoskopischen Darstellung als auch positive Aspekte (wie gesteigerter Spaß, ein erhöhtes Maß an Realität oder auch Presence – das Gefühl, ein Teil der Handlung zu sein) zur Bestimmung von Qualität beitragen können (Häkkinen et al. 2008). Die Erfassung dieser zusätzlichen Qualitätsparameter kann nicht auf der Grundlage standardisierter, quantitativer Testverfahren bewerkstelligt werden. Zwar gibt es Ansätze, positive Emotion oder gesteigerten Spaß über psychophysiologische Werte zu messen (Rajae-Joordens et al. 2005), doch gibt es bislang nur wenige explorative Studien dazu.

Freeman und Avons (2000) zeigten in ihrer Fokusgruppenstudie, dass Presence ein wichtiger Aspekt einer positiven Erfahrung mit stereoskopischen

Contents ist. Es bleibt jedoch die Frage, was genau diese positive Erfahrung bei der Auseinandersetzung des Nutzers mit dem Content hervorruft.

3.3.b Neue Ansätze zur Erfassung individueller Qualitätsparameter

Zur Erfassung subjektiver Qualitätsmerkmale, so genannter „experienced quality factors“ (Jumisko-Pyykkö et al. 2007), reichen quantitative Testmethoden, wie sie beispielsweise durch die ITU Recommendations zur Verfügung gestellt werden, nicht mehr aus. Die Erweiterung durch Erfassung qualitativer Daten oder Ansätze zum Individual Profiling soll zusätzliche Hinweise auf Qualitätsmerkmale erbringen.

Strohmeiers Ansatz zur Adaption von Methoden des Individual Profilings verfolgt die Grundsätze des Mixed-Method-Testdesigns (Strohmeier 2007). Quantitative und sensorische Daten werden dabei auf Analyseebene miteinander verknüpft. Der gewählte Ansatz des „Free Choice Profiling“ erlaubt es dabei dem Nutzer (dem Probanden), individuelle Qualitätsmerkmale mit eigenen Worten zu benennen und – basierend darauf – einzelne Stimuli innerhalb eines Tests zu bewerten. Somit wird der Nutzer selbst zum zentralen Aspekt der Merkmalsextraktion und Gewinnung von Qualitätsmerkmalen dreidimensionaler Videos.

Ein ähnlicher Ansatz wird von Häkkinen et al. (Häkkinen et al. 2008) verfolgt. Mit Hilfe der „Interpretation Based Quality“-Methode (IBQ) (Radun et al. 2007) will man dabei Aufschluss gewinnen über zusätzliche Aspekte wie Spaß, Realismus oder gesteigerte Attraktivität des dreidimensionalen Contents. In Interviews werden Probanden nach Betrachten verschiedener Stimuli nach ihren persönlichen Eindrücken und Empfindungen gefragt.

In beiden Fällen wird eine aktive Auseinandersetzung des Nutzers mit den Stimuli gefordert. Erst diese Interaktion eröffnet der modernen Qualitätsforschung die Möglichkeit, Hinweise auf „experienced quality factors“ zu erhalten. Erste Ergebnisse beider Studien bestätigen die These, dass in dreidimensionaler Videopräsentation tatsächlich nicht nur die reine Bildqualität eine wichtige Rolle zur Determinierung von Qualität spielt.

4. Technologien zur weiteren Steigerung der Interaktion

4.1 Akquise und Repräsentation von 3D-Daten

In den vorherigen Kapiteln wurde aufgezeigt, inwieweit eine Individualisierung durch die Verwendung stereoskopischer Darstellung möglich ist. Diese Individualisierungsstrategie betrifft den kognitiven und psychologischen Bereich. Der vermittelte Inhalt ist für die Fernsteilnehmer stets identisch. Aktuelle technische Forschungstätigkeiten hinsichtlich des 3DTV gehen jedoch wesentlich weiter und ermöglichen Formen von Interaktion, die den Inhalt und somit die vermittelte Information individualisieren. Um diese Sachverhalte zu erläutern, muss zunächst zwischen der Aufnahme, der digitalen Repräsentation und der Wiedergabe von 3D-Inhalten unterschieden werden. Wird bei stereoskopischen Aufnahmen die Tiefeninformation implizit durch die Disparität zwischen den beiden aufgenommenen Bildern gespeichert, so ist nun eine explizite Modellierung der dreidimensionalen Szene erforderlich, die zunächst unabhängig von der anschließend gewählten Darstellung ist. Das heißt, die Szene kann sowohl monoskopisch als auch stereoskopisch oder volumetrisch (vgl. Abschnitt 4.2) dargestellt werden.

Betrachtet man technische Modelle für die 3D-Repräsentation, so sind die synthetischen Formen am besten erforscht und befinden sich bereits im kommerziellen Einsatz. Forschungen, die darauf abzielen, Szenen aus der realen Umwelt digital zu repräsentieren, sind jünger. Bislang wurden deswegen nur Teilaspekte in Produkten realisiert. Beide Repräsentationsformen und die Auswirkungen ihrer Verwendung auf das 3DTV werden im Anschluss kurz erläutert.

4.1.a Synthetische Welten

Die Repräsentation synthetischer 3D-Inhalte am Computer (Computergrafik) ist ein gut erforschtes Wissenschaftsgebiet und wird bereits seit Jahrzehnten produktiv eingesetzt (Foley 1990). Die bewegte Darstellung solcher Repräsentationen war zu Beginn nur offline möglich. Die Einzelbilder wurden vorher berechnet und anschließend als Video dargestellt. Die Echtzeit-Berechnung (d.h. die Darstellung mit mindestens 15 Bildern pro Sekunde) war zunächst nur Hochleistungscomputern vorbehalten und wurde meist für wissenschaftliche Visualisierungen verwendet. Mitte der 1990er Jahre ermöglichte die technologische Entwicklung den Einsatz von 3D-Repräsentationen für interaktive Computerspiele und damit für einen Massenmarkt. Die schnelle Darstellung sowie die Repräsentation als dreidimensionale Szene entsprechend der realen Welt ermöglichte die Interaktion mit der Szene. Aus technischer Sicht besteht diese Interaktion bei Computerspielen einerseits aus der durch den Rahmen des Spiels gegebenen freien Blickpunktwahl bzw. Standortwahl auf die Szene sowie aus einer Interaktion mit Objekten der Szene, die zu einer Veränderung der Szenenrepräsentation führen. War die interaktive Darstellung solcher Szenen zunächst weit von einer realistischen Darstellung im Sinne der

Realitätsabbildung entfernt, so haben sich die Möglichkeiten bis heute immens entwickelt. Das ist vor allem auf die Leistungssteigerung im Bereich der Computer- und Grafikhardware zurückzuführen. Somit wird diese Repräsentationsform auch für die Darstellung realistisch anmutender Szenen interessant.

Festzuhalten bleibt, dass die synthetische Repräsentation von 3D-Inhalten eine zunehmend realistischere Darstellung ermöglicht, die in nicht-interaktiven Anwendungsbereichen (offline) bereits kaum noch von der Realität zu unterscheiden ist, wie etwa der Kinofilm „Beowulf“ (Beowulf 2008) eindrucksvoll gezeigt hat. Mittels der Echtzeitdarstellung ermöglicht die 3D-Repräsentation eine Interaktion mit der Szene, wobei der Grad des Realismus’ auch hier weiter zunimmt (Crysis 2007).

4.1.b 3D-Repräsentation realer Inhalte

Trotz der bereits realistischen Darstellung von 3D-Repräsentationen bleibt ein entscheidender Nachteil: Die Erzeugung erfolgt nach wie vor im Computer und ist somit recht aufwendig. Der nächste logische Schritt ist daher der Versuch, Szenen aus der natürlichen Umwelt aufzunehmen und entsprechend zu repräsentieren. Diese Zielsetzung ist momentan Gegenstand vieler aktueller Forschungsarbeiten. Die Art der Aufnahme, Verarbeitung und Darstellung ähnelt dabei dem klassischen TV-Produktionsprozess.

Allen natürlichen 3D-Repräsentationsformen ist gemein, dass sie neben der digitalen Speicherung der 2D-Bildinformationen (Textur) zusätzlich die Tiefeninformation der Szene festhalten. Deren Extraktion erfolgt bei der Aufnahme mit Hilfe unterschiedlicher Techniken, etwa mit Stereo-Kameras, Multi-View-Kameras (Weigel 2005) oder mit Range Kameras (Yang 2007).

Ihre Verwendung ist zumeist abhängig von der anschließenden Art der Speicherung der Daten. Die Vielzahl von Repräsentationsformen lässt sich grob in bildbasierte und modellbasierte Verfahren unterteilen. Erstere nutzen die von meist mehreren Kameras gelieferten Textur- und Tiefeninformationen in Form von Pixel und extrahieren daraus Tiefeninformationen, die auch als Pixelwerte visualisiert werden können (Tiefenkarten). Bei der Darstellung der 3D-Szene werden die Pixel anhand dieser Tiefenkarten zum Beispiel in eine neue Ansicht transformiert (Weigel 2007). Modellbasierte Verfahren orientieren sich an der Computergrafik und extrahieren aus den aufgenommenen Daten beispielsweise ein Volumen- (Voxel) oder Drahtgittermodell (Smolic 2004). Dieses wird anschließend zusammen mit den Texturinformationen mittels „klassischer“ Rendertechniken, wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, dargestellt. Beispiele für beide Repräsentationsformen sind in Abbildung 2 zu sehen. Der reale und kommerzielle Einsatz solcher Techniken hängt von vielen Faktoren ab, die momentan Gegenstand der Forschung sind: So müssen die Inhalte entsprechend effizient kodiert und Extraktionsalgorithmen und die Qualität der virtuellen Ansichten noch verbessert werden.

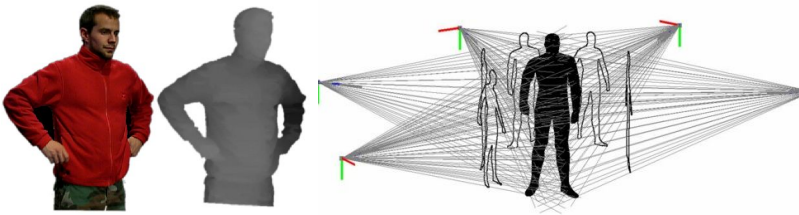


Abbildung 2: Textur und Tiefenkarte bei bildbasierter Repräsentation (links). Extraktionsprinzip bei modellbasierter Repräsentation (rechts). (Quelle: Stanford).

4.2 Displaytechnologien von morgen

Obschon die seit langem bekannte stereoskopische Darstellung von visuellen Inhalten eine verblüffende Steigerung des Realismus' ermöglicht, ist dies erst der Beginn der Entwicklung von dreidimensionalen Darstellungstechniken. Die Forschungen der letzten Jahre lassen in naher und ferner Zukunft auf eine Vielzahl völlig neuartiger Displays hoffen. Volumetrische Displays versuchen, ein Objekt oder eine Szene in drei Dimensionen darzustellen, sodass man sie aus allen Blickrichtungen betrachten und somit „um die Szene herum gehen“ kann. Die Darstellung erfolgt mittels verschiedener Technologien, wie schnell rotierender Spiegel, Projektion auf Nebel oder Plasmaentladungen in der Luft. Als Beispiele seien Systeme von Holoverse (Holoverse 2008), Actuality (Chun 2005), Lightspace (Sullivan 2005) oder Vizoo (Cheoptics 2008) ebenso wie Forschungsarbeiten von Jones (Jones 2007) oder des AIST (Aist 2008) genannt. Die weitergehende Forschung beschäftigt sich mit der Digitalisierung und Rekonstruktion von Hologrammen (Lucente 2004). Beispiele verschiedener volumetrischer Displays finde sich in Abbildung 3.

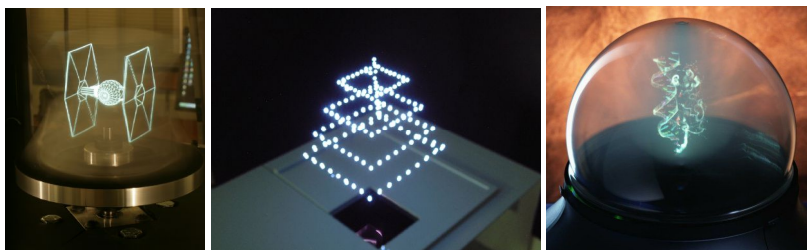


Abbildung 3: Volumetrische Displays (von links nach rechts): ICT (Jones 2007), AIST (Aist 2008), Actuality (Chun 2005).

Durch die im Vergleich zu einer zweidimensionalen Fläche neuartige Darstellung wird eine neue Form der Interaktion des Nutzers mit den visuellen

Inhalten ermöglicht: Die Wahl und Nutzungsart des Displays entscheidet somit nicht mehr nur über Qualitätsaspekte, wie Farbe oder Kontrast einer inhaltlich immer identischen Darstellung, sondern auch über rezipierte Inhalte. Eine andere Sicht auf die Szene kann dazu führen, dass mehr oder weniger Informationen vermittelt werden.

4.3 Neue interaktive Nutzungsformen

Die neuen 3D-Repräsentationsformen einer Szene oder eines Objekts – seien sie synthetischen oder natürlichen Ursprungs – haben eines gemeinsam: Sie ermöglichen eine Interaktion mit der Szene, die über das klassische passive Fernsehen hinausgeht. Beliebige Ansichten können explizit durch Eingabegeräte (Bewegungssensoren, 3D-Navigatoren) oder implizit durch die Verwendung neuer Displaytypen (stereoskopische Displays oder später auch volumetrische Displays) gewählt werden.

Ebenso ist aus technischer Sicht eine computerspielartige Interaktion denkbar. Nicht beantwortet werden kann an dieser Stelle die Frage, ob sich diese Art der Darstellung auch im Bereich des Fernsehens anwenden lässt. Während die freie Blickpunktwahl nach Meinung der Autoren ein durchaus mögliches Anwendungsszenario ist (wenn auch nur in beschränktem Maße), bleibt wohl die Interaktion mit den Inhalten und ihre Veränderung weiterhin Spielen vorbehalten. Ebenso ist denkbar, dass nicht die kompletten Inhalte dreidimensional repräsentiert werden, sondern nur eine bestimmte Auswahl, die zur tiefergehenden Verdeutlichung den konventionellen 2D-Bildern zur Seite gestellt werden. Ein aktuelles Beispiel ist die 3D-Repräsentation von einzelnen Szenen in Fußballspielen zu Analysezwecken, wie sie etwa bei der „Euro 2008“ zum Einsatz gekommen ist (LiberoVision 2008). Die Interaktion mit der Szene

wird hier vom Moderator durchgeführt. Aus technischer Sicht wäre dies in Zukunft auch von Seiten des Nutzers denkbar.

In welcher Form auch immer – die neuen Technologien könnten zu einem neuen Medientyp führen. Sowohl in psychologischer als auch in technischer Hinsicht werden dadurch neue Methoden der Messung der Qualitätsbeurteilung notwendig, ähnlich wie bei den stereoskopischen Darstellungen. Nur so kann am Ende herausgefunden werden, welches Maß an Interaktivität dem 3D-Fernsehzuschauer von morgen zuzumuten ist.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das 3DTV auf der einen Seite ein gewichtiges Thema aktueller Forschung darstellt, auf der anderen Seite allerdings kaum im kommerziellen Rahmen auf dem Markt zur Verfügung steht. Somit scheint der Titel des vorliegenden Beitrags „Die Zukunft des 3DTV“ ein wenig provokant zu sein, da im Moment nur wenig über das 3D-Fernsehen bekannt ist. Doch das 3DTV wird sich nur über zukunftsorientierte Forschung durchsetzen. Im vorliegenden Aufsatz wurde dabei zum einen dargestellt, welche Bedeutung dem Nutzer des Systems zukommen wird, um die Qualität der Anwendungen und Systeme zu optimieren; zum anderen wurden mehrere vielversprechende Darstellungs- und Interaktionsformen aufgezeigt, die das 3DTV in zukünftigen Anwendungen verändern können.

Diese Methoden werden den Nutzer mehr als sonst interaktiv in das System einbinden. Die Interaktion wird die Individualisierung des Systems und auch des Contents fördern, um stets für den Anwender den besten Nutzen hervorbringen zu können.

Literaturverzeichnis

- 3DTV (2008): 3DTV Network of Excellence. Online im Internet: <http://www.3dtv-research.net> [Abrufdatum 06.06.2008].
- Aist (2008): Advanced Industrial Science and Technology. Online im Internet: http://www.aist.go.jp/aist_e/latest_research/2006/20060210/20060210.html [Abrufdatum 06.06.2008].
- Anderson, John R. : Kognitive Psychologie. Spektrum, Akad. Verl., Heidelberg, Deutschland, 2001.
- ATTEST (2002): ATTEST Project. Online im Internet: <http://www.hitech-projects.com/euprojects/attest/> [Abrufdatum 06.06.2008].
- Beowulf (2008): Beowulf Movie. Online im Internet: <http://www.beowulfmovie.com/> [Abrufdatum 06.06.2008].
- Cheoptics (2008): Vizoo/Cheoptics. Online im Internet: <http://www.cheoptics360.dk/> [Abrufdatum 06.06.2008].
- Chun, Won-Suk; Napoli, Joshua; Cossairt, Oliver S.; et al. (2005): Spatial 3-D Infrastructure: Display-Independent Software Framework, High-Speed Rendering Electronics, and Several New Displays in Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems XII. In: Proceedings of SPIE-IS&T Electronic Imaging, SPIE Vol. 5664: 302-312.
- Crysis (2008): Crysis. Online im Internet: <http://www.ea.com/crysis/> [Abrufdatum 06.06.2008].
- Foley, James D.; Van Dam, Andries, Feiner, Steven K. et al. (1990): Computer Graphics: Principles and Practice. Addison-Wesley, Reading 1990.
- Freeman, J., Avons, S.E. (2000): Focus Group Exploration of Presence through Advanced Broadcast Services, Procs of SPIE, Human Vision and Electronic Imaging, 2000: 3959-3976.

- Häkkinen, J., Kawai, T., Takatalo, J., Leisti, T., Radun, J., Hirsaho, A. and Nyman, G. (2008): Measuring stereoscopic image quality experience with interpretation based quality methodology. Proceedings of the SPIE, Volume 6808: 68081B-68081B-12.
- Häkkinen, J., Liinasuo, M., Takatalo, J., and Nyman, G. (2006): Visual comfort with mobile stereoscopic gaming. In: Proceedings of SPIE. Vol. 6055.
- Holoverse (2008): Holoverse. Online im Internet: <http://www.holoverse.com/> [Abrufdatum 06.06.2008].
- Jones, Andrew; McDowall, Ian; Yamada, Hideshi; Bolas, Mark; Debevec, Paul (2007): Rendering for an Interactive 360° Light Field Display, Proc. Of the ACM SIGGRAPH, 2007.
- Julesz, Bela (1971): Foundations of Cyclopean Perception. Chicago: The University of Chicago Press.
- Jumisko-Pyykkö, Satu; Häkkinen, Jukka; Nyman, Göte: Experienced Quality Factors: Qualitative Evaluation Approach to Audiovisual Quality. In: Proceedings of the IS&T/SPIE 19th Annual Symposium of Electronic Imaging (2007), Convention Paper: 6507-6521.
- Lambooij, M.; IJsselsteijn, W.; Heynderickx, I. (2007): Stereoscopic displays and visual comfort: a review. In: SPIE Newsroom (2007).
- LiberoVision 2008: LiberoVision 2008. Online im Internet: <http://www.liberovision.com/> [Abrufdatum 06.06.2008].
- Lucente, Mark (2004): Interactive holographic displays: The first 10 years, Kapitel in Holography. The first 50 years, (Springer Series in Optical Sciences Vol. 78), Springer-Verlag (Berlin), editor J.-M. Fournier.
- Marr, David (1982): Vision: A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information. W. H. Freeman, New York, NY, USA, 1982.

- Smolic, A.; Müller, K.; Merkle, P. et al. (2004): Free Viewpoint Video Extraction, Representation, Coding, and Rendering, IEEE International Conference on Image Processing, Singapore, Oct. 2004: 3287-3290.
- Radun, J.; Leisti, T.; Häkkinen, J.; Ojanen, H.; Olives, J.; Vuori, T. & Nyman, G. (2008): Content and quality: Interpretation-based estimation of image quality. In: ACM Transaction of Applied Perception. 4, 4 (Jan. 2008): 1-15.
- Rajae-Joordens, R. ; Langendijk, E. ; Wilinski, P.; Heynderickx, I. (2005): Added Value of a Multi-View Auto-Stereoscopic 3D Display in Gaming Applications. Proc. Int. Disp. Workshop. 2005.
- RealD (2008): Online im Internet: <http://www.reald.com/> [Abrufdatum 06.06.2008].
- Strohmeier, Dominik (2007): Wahrnehmungsuntersuchung von 2D vs. 3D Displays in A/V-Applikationen mittels einer kombinierten Analysemethodik, Diplomarbeit, TU Ilmenau 2007.
- Sullivan, Allen (2005): 3 Deep. In: IEEE Spectrum (2005,4).
- Wann, J.P.; Rushton, S.; Mon-Williams, M. (1995): Natural problems for stereoscopic depth perception in virtual environments. In: Vision Research (1995, vol. 35/13): 2731-2736.
- Weigel, Christian; Schübel, Peter; Harezlak, Daniel Franciszek (2005): ReVOGS – A Modular Software Framework for the Acquisition, Synthesis and Assessment of 3D video objects, 2nd Workshop On Immersive Communication And Broadcast Systems ICOB, Berlin, Germany.
- Weigel, Christian; Schübel, Peter (2007): Trifocal Transfer on Commodity Graphics Hardware. In: Proc. of European Signal Processing Conference, Poznan (Poland), September 2007.

Yang, Q.; Yang, R.; Davis J. et al. (2007): Spatial-depth super resolution for range images. CVPR 2007.